



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### Projektinformationen

IGF-Nr.: 17957 N  
Laufzeit: 12/2013 – 09/2016  
Fördersumme: 465.350 EUR  
Industrieleistungen: 121.921 EUR

### Forschungseinrichtungen

- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen  
Projektleiter: Dr. Christopher Dölle, christopher.doelle@ifam.fraunhofer.de
- Laser-Laboratorium Göttingen e. V.  
Projektleiter: Jan-Hendrik Klein-Wiele, jhkw@llg-ev.de

### Projektbegleitender Ausschuss

- BEGO Implant Systems GmbH & Co. KG
- Coherent GmbH
- Evonik Hanse GmbH
- GlaxoSmithKline GmbH & Co. KG
- Heraeus Noblelight GmbH
- Induflex Coating Systems GmbH <sup>KMU</sup>
- Klinikum Bremen Mitte gGmbH
- KLS Martin
- Naturelize GmbH <sup>KMU</sup>
- Orthobion GmbH <sup>KMU</sup>
- SITEC Industrietechnologie GmbH <sup>KMU</sup>
- tricumed Medizintechnik GmbH <sup>KMU</sup>

- **Laseroptische Medizintechnik**
- **Oberflächenfunktionalisierung**

## Oberflächenfunktionalisierung zur Adhäsionsreduzierung von humanen Zellen auf Trauaimplantaten (Licht als Werkzeug)

### Die Herausforderung

In der heutigen Medizin werden zum Erhalt des Patientenwohls vermehrt medizinische Implantate verwendet. Vor allem bei der Versorgung von Frakturen werden Trauaimplantate eingesetzt, die lediglich temporär im Körper verbleiben. Die Entnahme dieser Implantate wird allerdings durch Einwachseffekte, zum Beispiel durch Osteoblasten und Fibroblasten, erschwert:

Knochenzellen können eine sehr hohe Haftung zur Implantatoberfläche aufbauen, sodass ein hoher Kraftaufwand zur Entnahme notwendig wird, schwer entfernbare Gewebe die freie Sicht des Operateurs auf das zu entfernende Implantat stark einschränkt und Implantatschrauben durch eine erhöhte Haftkraft abbrechen.

Eine reduzierte Zelladhäsion auf der Implantatoberfläche bei gleichbleibender Verträglichkeit bedeutet dagegen für den Patienten eine komplikationsfreiere Operation bei der Implantatentfernung, insbesondere ein reduziertes Risiko einer

Nervenschädigung, gegebenenfalls kleinere Wunden, geringere Schmerzen und kürzere Wundheilungsphasen.

### Die Innovationsidee

Ziel des Projekts „Licht als Werkzeug“ war die Reduzierung der Zelladhäsion beziehungsweise die Verhinderung der unerwünschten Zellanhaftung auf der Oberfläche wieder zu entfernender Trauaimplantate aus medizinischem Edelstahl durch Laser-gestützte Oberflächenfunktionalisierung sowie durch Licht-basierte Beschichtungsprozesse.

Die Idee folgte jungen Forschungsergebnissen, die belegen, dass die Oberflächentopographie und die chemischen und biologischen Eigenschaften der Oberfläche einen erheblichen Einfluss auf die Zelladhäsion haben. Dies wird bei bereits realisierten Techniken zum verbesserten Einwachsen von im Körper verbleibender Implantate deutlich, wie beispielsweise das mechanische Aufrauen der Oberfläche und die Aufbringung von elektrochemischen oder PVD-Beschichtungen.

## Das Programm „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ (IGF) ...

... fördert Studien zur industriellen Machbarkeit von Innovationsideen und beschleunigt so Technologietrends. Dazu arbeiten Wissenschaft, Industrie und Politik zusammen:

0 Das **BMW**i fördert vorwettbewerbliche, innovationsorientierte Forschung mit dem IGF-Programm.

1 **Industrie** und **Wissenschaftler** entwickeln Innovationsideen und geben Projektimpulse.

2 **AiF-Forschungsvereinigungen**, wie die F.O.M., finden Forschungspartner.

3 **Wissenschaftler** von je 1-3 Forschungseinrichtungen schreiben Förderanträge.

4 **Industrieunternehmen** beraten bei der Entwicklung der Anträge.

5 Die **Forschungsvereinigungen** optimieren die Qualität der Vorhaben und der Anträge und reichen die Anträge ein.

6 Die **Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen** (AiF) lässt die Anträge durch **Experten aus Industrie und Wissenschaft** begutachten.

7 Das **BMW**i finanziert die Forschungskosten bis max. 250/500/750 T EUR.

8 Die **Industrie** teilt sich die Administrationskosten.

9 Die **Wissenschaftler** der Forschungseinrichtungen führen die Forschung durch.

10 Die **Forschungsvereinigungen** stellen einen regen Technologietransfer zwischen den **Forschungseinrichtungen** und den 10-15 Unternehmen eines projektbegleitenden **Industrieausschusses** mit mindestens 50 % KMU sicher.

11 Die **Industrie** steuert das Projekt mit, berät während der Forschungsphase, validiert die Ergebnisse, absorbiert sie und verwertet sie.

**Gemeinsam stärken wir die Innovationskraft des Mittelstands und den Fachkräftenachwuchs in Deutschland.**

Für eine ausführlichere Fassung des Abschlussberichts wenden Sie sich bitte an:

### Kontakt / Impressum

Forschungsvereinigung F.O.M.  
Werderscher Markt 15, 10117 Berlin  
030 4140 2139,  
info@forschung-fom.de  
www.forschung-fom.de



In einem interdisziplinären Ansatz zwischen Materialwissenschaft, Optik, Biologie und Medizintechnik sollten UV- und VUV-lichtbasierte Verfahrensansätze geprüft und darauf aufbauend ein Prozess zur Zelladhäsionsminimierung entwickelt werden. Hierbei wurden ausschließlich biokompatible Oberflächen beziehungsweise Beschichtungen betrachtet, das heißt Systeme ohne Einsatz von gesundheitsschädlichen Ausgangssubstanzen.

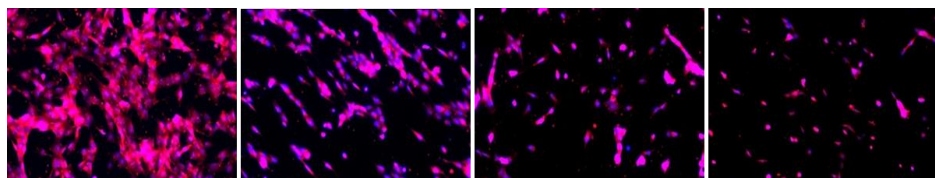
Dem Leitgedanken der Industriellen Gemeinschaftsforschung gemäß wurden Studien zur industriellen Machbarkeit durchgeführt, die darauf abzielten, die Adhäsionsreduzierung beispielhaft an Knochenzellen (MG-63-Osteoblasten) auf Traumaimplantaten zu evaluieren.

## Die Ergebnisse

Die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit von Experten für Ultrakurzpuls-Laser, Plasmabeschichtungstechnik und Zellbiologen ermöglichte hervorragende Ergebnisse: Es konnte demonstriert werden, dass sowohl die Laserstrukturierung als auch die LightPLAS-Funktionsbeschichtung, bei der eine kohlenstoffarme siliziumorganische Schicht mit niedriger Oberflächenenergie als Endprodukt entsteht, in der Lage sind, die Zellanzahl und Zellgröße von Osteoblasten (MG-63) auf Traumaimplantaten aus medizinischem Edelstahl zu reduzieren.

Bei der Beschichtung gelang dies mit einer hydrophoben, siliziumorganischen Beschichtung. Bei der Laserstrukturierung haben sich periodische, geordnete Strukturen linearer und gekreuzter Gitter als geeignet erwiesen.

Die Zellanzahl konnte bis auf ca. 20 % und die zellbedeckte Fläche auf Werte unterhalb von 20 % verringert werden. Weiterhin zeigte der Vergleich zwischen beschichtetem Edelstahl und unbeschichteter Referenz eine Reduzierung bis zu 90 % für die mittlere Zellgröße. Die Zellhaftung konnte ebenso nachweislich reduziert werden, wobei die geforderte Biokompatibilität der Beschichtungen erfüllt wird.



Erfolgreich reduzierte MG-63-Zellentwicklung: 1) auf unbehandeltem medizinischen Edelstahl, 2) nach Laserstrukturierung, 3) nach LightPLAS-Beschichtung, 4) nach Kombination von Laserstrukturierung und LightPLAS-Beschichtung (von links nach rechts).

Für Titan konnten mittels Beschichtung vergleichbare Ergebnisse realisiert werden. Dies demonstriert die Übertragbarkeit auf andere Materialklassen.

Erste Abschätzungen zu Kosten und Durchsatzzahlen belegen die Wirtschaftlichkeit beider Verfahren.

## Die Verwertung

### KMU-Nutzen

Mit Hilfe dieses Forschungsvorhabens wurden den Firmen die Grundlagen zur Verfügung gestellt, im zukunftssträchtigen Bereich der Herstellung und Beschichtung von Implantatmaterial erfolgreich zu agieren.

Durch die vorgeschlagenen Verfahrensansätze zur zelladhäsionsminimierenden Beschichtung von Implantatoberflächen werden vor allem kosten- und fertigungstechnische Vorteile gegenüber dem Stand der Technik erwartet.

Im Bereich Dienstleistung sind die Ergebnisse insbesondere für die Auslegung von Fertigungsprozessen und für Lohnbeschichtungsunternehmen von Interesse. Speziell für die Laser-basierte Strukturierungsmethode kann aufgrund der hohen Investitionskosten die Lohnfertigung der wirtschaftlich interessantere Zugang sein. Zudem werden von den im Rahmen des Projekts erzielten Ergebnissen Anlagenbauer, Zulieferer und Anwender gleichermaßen profitieren.

### Bisherige Umsetzung

Die Ergebnisse und Entwicklungen wurden bereits der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft präsentiert.

Bevor die beiden untersuchten Technologien jedoch in großer Breite eingesetzt werden können, müssen diese im Sinne einer Risikobewertung für eine mögliche Zertifizierung als Medizinprodukt genauer erforscht werden, sodass unter anderem der Herstellungsprozess besser definiert und die Prozesssicherheit erhöht werden können. Hierzu wird beim BMWi ein Förderantrag für ein Fortsetzungsprojekt gestellt.